

# Diversité enzymatique des mils cultivés (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) du Burkina Faso

M.C. Sédogo<sup>1</sup> et S. Tostain<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut National de l'Élevage et de la Recherche Agronomique (INERA), BP 476, Ouagadougou, Burkina Faso

<sup>2</sup> Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), Centre de Montpellier, BP 5045, F-34032, Montpellier Cdx 1, France

## Résumé

La diversité génétique de quarante-neuf variétés de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) du Burkina Faso a été estimée par la diversité de 12 loci codant pour huit systèmes enzymatiques. Elle a été comparée à la diversité enzymatique d'un échantillon représentatif des mils cultivés dans les pays limitrophes (Niger, Mali, Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin et Nigeria). Une analyse en composantes principales met en évidence deux groupes de diversités différentes: un groupe I composé essentiellement de mils précoces du nord Burkina Faso et un groupe II composé de mils tardifs du centre et du sud-ouest. La diversité totale du groupe I est supérieure à celle du groupe II. Les cultivars du groupe I sont peu différents des mils précoces de l'est du Mali; ceux du groupe II sont peu différents des mils tardifs cultivés au sud du Niger et dans les pays situés au sud du Burkina Faso. Six cultivars de mils tardifs du centre Burkina Faso (groupe III) forment un groupe particulier avec une fréquence de l'allèle *Pgm-A1* comparable à celle des mils précoces.

## Introduction

Le polymorphisme enzymatique du mil pénicillaire (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), graminée diploïde allogame a été évalué sur un échantillonnage de variétés locales, représentatif de l'ensemble des régions où cette céréale est cultivée (Tostain *et al.* 1987; Tostain et Marchais 1989). L'importance et la structure de la diversité enzymatique des cultivars de chaque pays, notamment du Burkina Faso, restent en grande partie inconnue, diminuant l'efficacité de la sélection de variétés améliorées. C'est également un handicap pour la gestion des ressources génétiques des mils à l'échelon local et régional.

Après les collectes effectuées par l'Institut de Recherche Agronomique Tropicale et des cultures vivrières (IRAT) de 1960 à 1971, une vaste collection des variétés locales du Burkina Faso a été constituée par plusieurs prospections de l'International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, ex IBPGR), l'ORSTOM et l'Université de Ouagadougou: en 1975 et 1978 (Clément 1985), de 1984 à 1987 (Zongo *et al.* 1988). Les observations faites au cours de la collecte de 1975 ont permis de mieux comprendre la structure des populations de mils cultivés au Burkina Faso (Clément 1985). Quatre régions ont des cultivars spécifiques:

1. la région Nord avec un cultivar précoce à grands épis, ayant la morphologie du Haini Kiré nigérien
2. la région centrale du plateau Mossi avec un cultivar tardif appelé Kazouya à épis courts
3. la région Ouest avec d'autres cultivars tardifs où sont installées les ethnies Bobo et Lobi
4. la région sud-est avec une variété précoce photoin sensible cultivée également au Togo, l'Iniadi (en langue Gourmantché) adaptée à une pluviométrie supérieure à 1100 mm par an.

La diversité du cycle photopériodique chez les mils du Burkina Faso a été utilisée dans un programme conjoint de l'INERA et du Centre Sahélien de l'« International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics », ICRISAT

(Lohani 1989). Les cultivars collectés de 1984-1987 ont été utilisés aux États Unis (Wilson *et al.* 1989, 1990b).

Le but de l'article est l'évaluation des collections de mil du Burkina Faso et la recherche d'une structuration de leur diversité enzymatique en sachant que: (1) le Burkina Faso est au centre de l'Afrique de l'Ouest, éloignée du centre de domestication supposé du mil (Tostain 1992); (2) dans ce pays les cultivars sont pour la plupart tardifs, sensibles à la longueur du jour, et adaptés aux conditions climatiques de type soudanien alors que la majorité des mils d'Afrique de l'Ouest sont précoces et adaptés aux conditions climatiques de type sahélien.

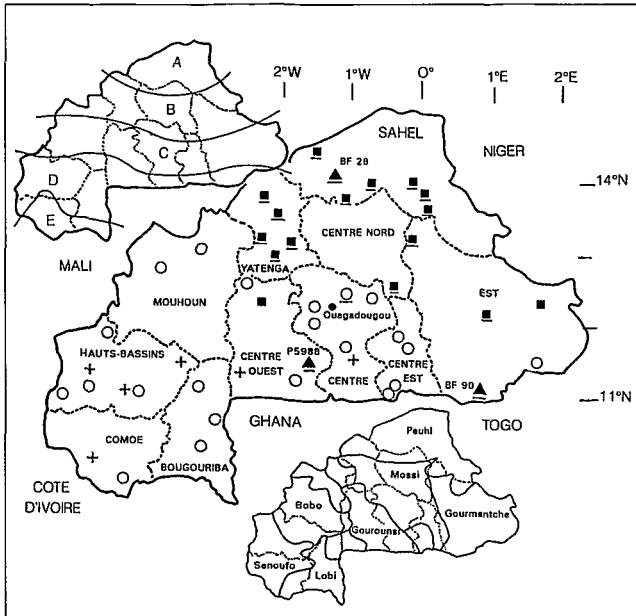
## Matériel et méthodes

### Matériel végétal

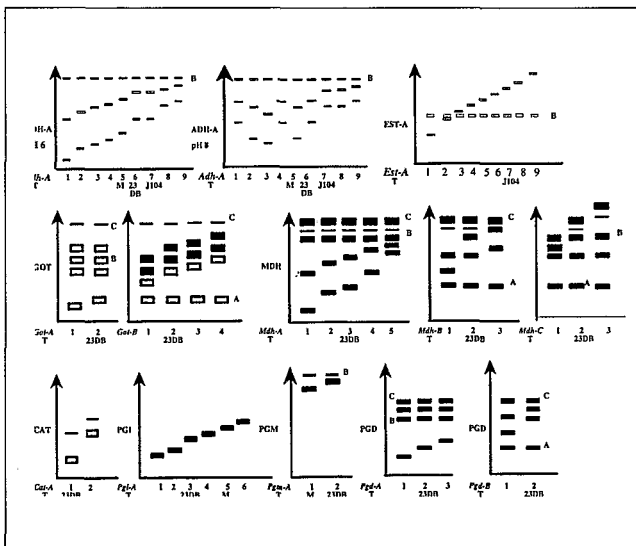
Quarante-neuf variétés ont été étudiées dont 39 choisies parmi les 333 écotypes collectés de 1984 à 1987 et multipliés une ou deux fois en station agronomique par mélange de graines issues de plantes autofécondées (Zongo *et al.* 1988); les dix autres variétés ont été collectées en 1975 et déjà étudiées (Tostain *et al.* 1987). Toutes sont réparties sur l'ensemble du territoire (figure 1) suivant le découpage administratif en Centres Régionaux de Promotion Agropastorale (CRPA), principalement dans les CRPA Sahel (7), Yatenga (5), Centre (7), Centre-ouest (6) et Hauts-Bassins (7). Certaines caractéristiques géographiques, divisions climatiques et répartition des populations, ont été considérées. Dans la zone sahélienne (A et B de la figure 1), le mil représente 80% des cultures, 25% dans la zone de savane soudanienne (C et D de la figure 1), et dans la zone guinéenne (E de la figure 1) 15% (Matlon 1987).

Le nombre de jours entre le semis et 50% d'épiaison (S.E., suivant le descripteur de l'IBPGR 1981) a été déterminé en 1989 à la station INERA de Saria (Burkina Faso). Les cultivars ont été considérés comme précoces lorsque leur S.E. a été inférieur à 65 jours. Suivant ce découpage,





**Fig. 1.** Localisation suivant le découpage en CRPA (Centre Régional de Promotion Agropastorale) des 49 accessions analysées en électrophorèse et symbolisées d'après la description de l'analyse en composantes principales, (■): groupe (I); (○): groupe (II); (+): groupe (III); (▲): échantillons hors types. Les 18 échantillons de mils précoces sont soulignés. En encadré: en haut à gauche les cinq zones climatiques du Burkina Faso: A: sahélienne, B: sub-sahélienne, C: Nord-soudanienne, D: Sud-soudanienne et E: soudano-guinéenne. En bas, à droite, la carte des principales populations du Burkina Faso a été représentée schématiquement.



**Fig. 2.** Migrations relatives des 46 allozymes utilisés. Les isozymes de plusieurs lignées témoins (M: Massue, 23DB et J104). Les allèles rares  $Adh-A^{10}$ ,  $Est-A^{1, 8, 9}$ , et  $Pgi-A^{1, 2, 6}$ , ont été rassemblés dans une seule classe (respectivement avec  $Adh-A^9$ ,  $Est-A^7$  et  $Pgi-A^5$ ).

l'échantillon de variétés comporte 18 précoces et 31 tardifs (fig. 1).

Le polymorphisme enzymatique des mils burkinabés a été comparé à celui de 95 cultivars (60 précoces et 35 tardifs) des pays limitrophes: 23 cultivars précoces de l'est du Mali, 2 tardifs du sud du Mali, 35 précoces du sud et de l'ouest du Niger, autour de Niamey (dont 28 précoces), 10 du Togo et du Bénin (dont 4 précoces), 12 du Ghana (dont 5 précoces), 8 tardifs du Nigeria et 5 tardifs de Côte d'Ivoire. Ces données ont été publiées par ailleurs (Tostain 1993, 1994).

## Méthodes

Huit systèmes enzymatiques ont été analysés par électrophorèse: estérases carboxyliques (EST), alcool déshydrogénases (ADH), catalases (CAT), malate déshydrogénases (MDH), glutamate oxaloacétate transaminases (GOT), 6-phosphogluconate déshydrogénases (PGD), phosphoglucose isomérases (PGI) et phosphoglucomutases (PGM). Les techniques utilisées et la nomenclature des allozymes sont celles décrites dans Tostain *et al.* (1987) (fig. 2). Pour chaque variété (semences d'origine ou issues de multiplications), 26 graines ont été utilisées pour l'étude de l'estérase, 20 graines pour celle de l'alcool déshydrogénase et 20 plantules pour les six autres systèmes enzymatiques.

Le traitement statistique a été effectué sur les fréquences non standardisées de 46 allèles de 12 loci par une analyse en composantes principales (ACP) de la matrice des variances-covariances: les 46 colonnes de la matrice correspondent aux 46 allèles, les 49 lignes aux 49 échantillons et la croisée d'une ligne et d'une colonne la fréquence allélique (variable quantitative ayant des valeurs de 0 à 1). L'analyse en composantes principales permet de décrire graphiquement la variabilité observée entre échantillons suivant un nombre réduit de combinaisons entre principales variables; cette analyse diminue l'importance des allèles rares dans la formation des groupes d'échantillons. Une analyse factorielle discriminante (AD) a permis ensuite l'estimation du taux d'échantillons mal classés. Une classification automatique hiérarchique (CAH) des distances euclidiennes avec les moyennes des distances pondérées comme critères d'agrégation a été également effectuée (logiciel STAT ITCF 1987).

L'hétérozygotie ou diversité génétique de chaque cultivar ( $Hx = Si(1 - Sa Xai^2) / I$ , avec  $Xai$  la fréquence de l'allèle  $a$  du gène  $i$  dans le cultivar  $X$  et  $I$  le nombre de gène utilisé), la diversité de chaque groupe de cultivars ( $Ht$ ) et la diversité de l'ensemble des cultivars analysés ( $HT = (Ss Ht / s + D'st)$  avec  $s$  le nombre de groupe de cultivar et  $D'st$  la moyenne des distances inter groupes) ont été calculées pour chaque locus suivant un modèle hiérarchique (Nei 1975). La moyenne des diversités des cultivars d'un groupe ( $Hs$ ) estime la diversité intra cultivar et le coefficient de différenciation entre cultivars d'un groupe ( $Gst = (Ht - Hs) / Ht$ ) la diversité inter cultivar. Le coefficient de

différenciation entre groupes de cultivars estime la fraction de la diversité totale,  $HT$ , qui les différencie ( $Gst = D'st / HT$ ). La distance minimum entre groupes ( $Dm(X,Y) = Si Sa (Xai - Yai) / 2I$ , avec  $Yai$  la fréquence de l'allèle  $a$  du gène  $i$  dans le cultivar  $Y$ ), a été également calculée (Nei 1975).

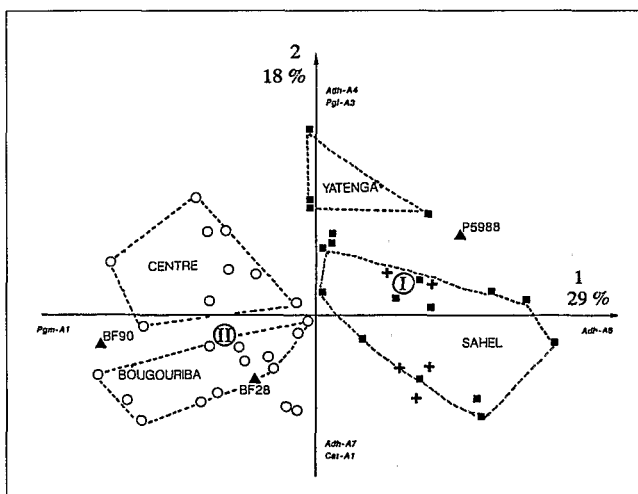
## Résultats

### Différences entre origines géographiques

Quatre loci sur les 12 étudiés ne présentent aucune diversité (*Got-A*, *Mdh-B*, *Mdh-C* et *Pgd-B*). Par rapport aux précédentes observations (Tostain et Marchais 1989) deux nouveaux allozymes rares ont été mis en évidence: *Adh-A*<sup>10</sup> (BF 225) et *Pgi-A*<sup>6</sup> (BF 93). Trente-huit allèles sur les 46 recensés ont une fréquence supérieure à 5% dans au moins un échantillon.

Les deux premières composantes de l'ACP décrivent 47% de la diversité enzymatique (figure 3). La projection des points représentant chaque cultivar sur le plan défini par ces axes montre deux groupes disjoints. Suivant les valeurs positives de la composante 1, des écotypes originaires du nord (CRPA Sahel) et des écotypes du nord-ouest (CRPA Yatenga) constituent le groupe I (17 cultivars). Ce groupe comprend également six échantillons de mils tardifs originaires de plusieurs CRPA du centre et de l'ouest. Suivant les valeurs négatives de l'axe 1, les écotypes du sud-ouest (CRPA Bougouriba) et du centre forment un deuxième groupe de 23 cultivars (groupe II).

L'axe 2, moins discriminant que l'axe 1, sépare les cultivars du Yatenga des cultivars du CRPA Sahel ainsi que ceux des CRPA Bougouriba, Comoé, Hauts-Bassins du CRPA Centre (fig. 3).



**Fig. 3.** Projections dans le plan défini par les axes 1 et 2 d'une analyse en composantes principales de 46 échantillons de mils cultivés du Burkina Faso. Les trois échantillons (▲) sont analysés en éléments supplémentaires. Les variables corrélées aux 2 axes sont notées. I, II sont les centres de gravité des groupes (I) et (II). (■): échantillons de mils du groupe I; (○): du groupe II; (+): du groupe III. Les contours en pointillés regroupent les échantillons des CRPA Centre, Bougouriba, Yatenga et Sahel.

Trois cultivars modifient fortement l'échelle des axes de l'ACP: BF 28 (précoce du CRPA Sahel), BF 90 et P 5988. Analysés en éléments supplémentaires, les deux derniers cultivars (Iniadi) sont situés soit dans le nuage de points du groupe I soit dans celui du groupe II.

Le découpage en 2 groupes, I et II, est confirmé par l'analyse discriminante. Si les 6 cultivars de mils tardifs situés dans le nuage de points du groupe I sont isolés pour former un troisième groupe *a priori* (III) on a 96% d'échantillons bien classés: 100% pour les groupes I et III et 91% pour le groupe II. Ce groupe III, très proche enzymatiquement du groupe I, a été conservé dans la suite des analyses. Comme dans l'analyse en composantes principales, les 2 échantillons de mil précoce collectés au sud-est du Burkina Faso sont classés soit dans le groupe I (P 5988), soit dans le groupe II (BF 90).

La moyenne des fréquences de l'allèle discriminant *Pgm-A*<sup>1</sup> des cultivars du groupe I est différente de celle des cultivars du groupe II (respectivement  $0.36 \pm 0.07$  et  $0.63 \pm 0.05$ ). Les diversités  $Hx$  des groupes I et II ainsi que des groupes I et III sont significativement différentes (tableau 1). La diversité du groupe I est supérieure à celle des deux autres groupes. La plus faible et la plus forte des diversités ont été observées parmi deux cultivars du groupe I, proches géographiquement, respectivement 0.123 et 0.241. La diversité enzymatique totale des mils du Burkina Faso (0.214) est peu différente de celle du groupe I (tableau 1).

La diversité inter cultivars est égale à environ 11, 9 et 6% de la diversité totale pour les groupes I, II et III (tableau 1). Le coefficient de différenciation est particulièrement faible pour les cultivars du groupe III, malgré leur éloignement géographique respectif.

Le coefficient de différenciation entre groupes est égal à 2,8%, plus faible que celui observé (6.7%) entre les groupes de l'ensemble de la collection (Tostain et Marchais 1989). Ainsi, la grande partie de la diversité enzymatique est observée à l'intérieur de chaque échantillon (de 89 à 94%) et à l'intérieur de chaque groupe (97%).

Les cultivars des trois groupes ont un polymorphisme élevé des deux loci *Est-A* et *Adh-A*, avec en moyenne respectivement 31% et 26% de la diversité totale (tableau 1). Dans le groupe I, la diversité du locus *Adh-A* est inférieure à celle des deux autres groupes et la diversité du locus *Cat-A* supérieure.

La distance minimum de Nei entre les groupes I et II est égale à 0.012. La plus faible distance est celle observée entre les groupes I et III (0.005).

### Comparaison avec les cultivars des pays limitrophes du Burkina Faso

L'analyse en composantes principales, l'analyse discriminante et la classification automatique, utilisées pour comparer les mils cultivés au Burkina Faso et les mils cultivés dans les 7 pays limitrophes, donnent les résultats suivants:

- Dans le plan des axes 1, 2 de l'analyse en composantes principales de l'ensemble des cultivars (figure 4), les

Tableau 1. Diversités de 10 gènes codant pour 8 systèmes enzymatiques dans les trois groupes de mils du Burkina Faso

Locus	Groupes: <sup>a</sup>			Burkina Faso (46)
	I (17)	II (23)	III (6)	
<i>Adh-A</i>	0.604 ± 0.011 <sup>a</sup>	0.722 ± 0.009	0.695 ± 0.039	
<i>Cat-A</i>	0.215 ± 0.023	0.061 ± 0.011	0.036 ± 0.042	
<i>Est-A</i>	0.813 ± 0.005	0.786 ± 0.006	0.760 ± 0.034	
<i>Got-A</i>	0.014 ± 0.008	0	0	
<i>Got-B</i>	0.009 ± 0.007	0.016 ± 0.006	0.010 ± 0.022	
<i>Mdh-A</i>	0.109 ± 0.019	0.039 ± 0.009	0.049 ± 0.048	
<i>Mdh-C</i>	0.014 ± 0.008	0	0	
<i>Pgd-A</i>	0.143 ± 0.022	0.071 ± 0.012	0.080 ± 0.058	
<i>Pgi-A</i>	0.246 ± 0.024	0.307 ± 0.017	0.349 ± 0.074	
<i>Pgm-A</i>	0.471 ± 0.012	0.463 ± 0.009	0.415 ± 0.061	
<i>Ht</i>	2.624	2.465	2.394	
<i>Ht</i> par locus	0.220 ± 0.004	0.205 ± 0.002	0.199 ± 0.006	0.214
<i>Hs</i>	0.195	0.186	0.187	0.208
	(88.6) <sup>b</sup>	(90.7)	(93.9)	(97.2)
<i>Gst</i>	0.113	0.093	0.060	0.028

\* Les groupes sont mis en évidence par l'analyse en composantes principales, diversités moyennes par locus (*Ht*) et coefficient de différenciation (*Gst*) dans chaque groupe. Entre parenthèses: nombre d'échantillons analysés (les trois cultivars hors-types n'ont pas été pris en compte).

<sup>a</sup> intervalle de confiance à 5%:  $t \times$  erreur standard ( $\sigma / \sqrt{n}$ );  $t$  est la valeur donnée par la table de  $t$  pour le nombre de degrés de liberté ( $n-1$ ) et le risque 5%.

<sup>b</sup> pourcentage de la diversité totale

centres de gravité des groupes I et III sont plus proches de celui des mils du Mali oriental (groupe A), que de celui des mils du Niger occidental (C). Le centre de gravité du groupe II est proche de celui des mils originaires de la zone soudanienne des pays côtiers et du sud du Niger qui ont été rassemblés en un groupe unique: B. Les deux cultivars Iniadi sont proches du groupe D composé des mils précoces du nord Ghana et du nord Togo. L'analyse en composantes principales permet de rassembler les cultivars en quatre groupes: I-III-(A), (C), II-(B) et (D).

- L'analyse discriminante des groupes formés *a priori*, I, II, III, A, B, C et D donne 75% de cultivars bien classés (tableau 2): les cultivars précoces du Mali oriental, pays Dogon et région de Mopti (A), tardifs des pays côtiers (B) et du groupe II du Burkina Faso sont les plus mal classés (26% des mils du groupe II se trouvent classés parmi les mils du groupe B). Ce résultat montre que les groupes A et B sont proches des groupes du Burkina Faso et qu'en particulier les cultivars du groupe II ne se différencient pas des mils du groupe B.
  - La classification des fréquences de dix allèles discriminants décrit, d'une autre manière, les relations entre les 7 groupes précédents (figure 5). Elle confirme la description de l'analyse en composantes principales et les déductions faites à partir de l'analyse discriminante. Une troncature en 5 classes permet en effet le regroupement suivant: (D), (C), (A)-I, III et II-(B). Les variables *Adh-A*<sup>4</sup> (35%) et *Pgm-A*<sup>1</sup> (25%) contribuent le plus au noeud n°1; *Adh-A*<sup>4</sup> contribue pour 41% au noeud 2, *Est-A6* (27%) et *Cat-A*<sup>1</sup> (24%) au noeud n° 3.
- En conclusion, ces résultats montrent une ressemblance, d'une part, entre les mils du Mali oriental et du groupe I du

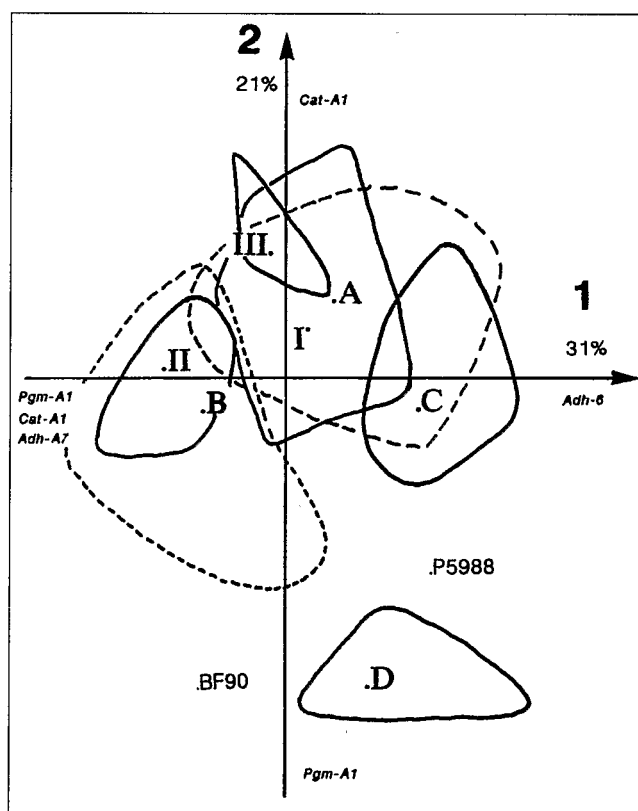


Fig. 4. Projections dans le plan des axes 1, 2 d'une analyse en composantes principales de 141 échantillons de mils des groupes (I), (II), (III) du Burkina Faso et des groupes de mils des pays limitrophes: (A): Mali oriental; (B): tardifs des pays côtiers et Niger; (C): Niger occidental; (D): précoces du Nord du Togo et Ghana. Seuls sont figurés les centres de gravité et les contours de chaque groupe. Les principales variables corrélées aux deux composantes ont été notées.

Tableau 2. Résultats de l'analyse discriminante réalisée sur 7 groupes de mils déterminés *a priori*

Groupes* de classement	I	II	III	A*	B*	C*	D*	Total
Groupes d'origine								
I	13	0	1	1	0	2	0	17
II	0	15	2	0	6	0	0	23
III	0	0	6	0	0	0	0	6
A	3	4	3	12	0	1	0	23
B	3	7	2	0	22	1	0	35
C	1	0	0	0	0	27	0	28
D	0	0	0	0	0	0	9	9
Total	20	26	14	13	28	31	9	141

\* Les groupes sont trois du Burkina Faso: I, II et III et quatre des pays limitrophes du Burkina Faso. Les 3 cultivars hors types de l'analyse en composantes principales (BF 28, 90 et P 5988) n'ont pas été intégrés dans cette analyse. Groupes A: Mali oriental; B: mils tardifs des pays côtiers situés au sud du Burkina Faso (Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin, Nigeria) et mils du sud Mali et sud Niger; C: Niger occidental (1° à 8° Est); D: mils précoces cultivés au nord du Togo et du Ghana.

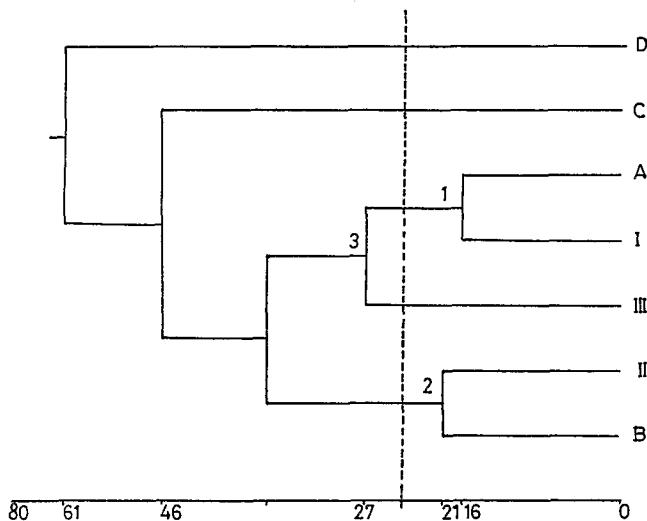


Fig. 5. Classification automatique des moyennes des 10 variables discriminantes de sept groupes: (I), (II), (III): mils du Burkina Faso; (A): Mali oriental; (B): mils tardifs des pays côtiers et du Niger; (C): précoces du Niger occidental; (D): mils précoces du Togo et du Ghana. La césure en cinq classes D, C, A-I, III, II-B et les noeuds 1, 2 et 3 ont été indiqués.

Burkina Faso et d'autre part, entre les mils tardifs côtiers et du Niger et ceux du groupe II du Burkina Faso.

### Relation entre le polymorphisme enzymatique des mils du Burkina Faso et leur cycle semis-épiaison

La génétique du caractère 'précocité' chez le mil permet de définir deux classes suivant le nombre de jours entre le semis et l'épiaison: il existe deux systèmes génétiques, l'un qualitatif déterminant la séparation en mils précoces et mils tardifs (S.-E. fixé à 65 jours) et un autre quantitatif, déterminant la variation du caractère au sein des deux groupes (Bilquez et Clément 1969). Les cultivars tardifs des

groupes II et III ont été regroupés et les 2 cultivars précoces du sud, BF 90 et P 5988, ont été intégrés aux autres mils précoces du groupe I.

La diversité enzymatique des 31 cultivars tardifs est significativement inférieure à la diversité des 18 cultivars précoces (respectivement  $0.207 \pm 0.002$  et  $0.235 \pm 0.004$ ). Le coefficient de différenciation est moins élevé chez les mils tardifs: 0.104 au lieu de 0.120 chez les mils précoces (0.153 avec BF 90 et P 5988).

La diversité du locus *Adh-A* est supérieure chez les mils tardifs et la diversité du locus *Cat-A* supérieure chez les mils précoces. Les autres ont la même diversité dans les deux groupes.

Les différentes caractéristiques des groupes de mils précoces et tardifs sont pratiquement identiques à celles obtenues pour les groupes I et II définis par l'analyse en composantes principales. Le groupe I est composé en effet de 82% de mils précoces et le groupe II de 95% de mils tardifs. On observe néanmoins une différence: la diversité du locus *Cat-A* des cultivars du groupe I est inférieure à celle du groupe précoce ( $0.215 \pm 0.021$  contre  $0.333 \pm 0.021$ ), différence expliquée par les faibles fréquences de l'allèle *Cat-A*<sup>1</sup> dans BF 90 et P 5988 (respectivement 0.19 et 0.38 au lieu d'environ 0.85 chez chacun des 16 autres mils précoces).

L'analyse discriminante confirme la séparation en mils précoces et mils tardifs (100% d'échantillons bien classés dans les deux groupes formés *a priori*). Les allèles discriminants sont: *Cat-A*<sup>1</sup>, *Adh-A*<sup>6</sup> et *Adh-A*<sup>7</sup>, allèles communs à la séparation entre les groupes I et II. L'allèle *Pgm-A*<sup>1</sup> n'apparaît pas dans la discrimination entre précoces et tardifs. La fréquence moyenne de *Pgm-A*<sup>1</sup> chez les 6 cultivars tardifs du groupe III est identique à celle des mils précoces (respectivement  $0.29 \pm 0.08$  et  $0.37 \pm 0.05$ ) diminuant celle des mils tardifs ( $0.64 \pm 0.05$ ). La même analyse entre cultivars des pays limitrophes et ceux du Burkina Faso (91 mils précoces et 53 mils tardifs) donne un résultat semblable (5% des cultivars sont mal classés dont le cultivar précoce BF 28), la fréquence de l'allèle discriminant *Adh-A*<sup>6</sup> passant par exemple de 0.04 chez les mils précoces à 0.21 chez les mils tardifs. Le nombre de cultivars mal classés est plus faible dans le regroupement précoce et tardif que ceux obtenus entre groupes géographiques.

La distance entre les mils précoces et les mils tardifs au Burkina Faso est égale à 0.008, inférieure à celle observée dans l'analyse entre mils précoces et mils tardifs des pays limitrophes (0.013).

### Discussion et conclusion

Le Burkina Faso, qui est comme le Sénégal, le Mali, le Niger, le Nigeria et le Tchad un grand pays producteur de mil (environ 400 000 t par an), a mis en place une politique nationale de ressources génétiques. Les collections ont été évaluées d'abord sur des caractères morpho-physiologiques ou des caractères de résistance aux maladies: l'analyse multivariée de plusieurs caractères morphologiques met en évidence deux groupes de mils au Burkina Faso (Zongo *et al.* 1988): un groupe nord (cycle court, faible nombre d'entre-

noeuds et grands épis) et un groupe sud-ouest (cycle long, important nombre d'entre-noeuds et petits épis). Dans une autre étude, une forte variabilité des mils du centre a été mise en évidence (Wilson *et al.* 1990a, 1991). Elle s'expliquerait par la grande diversité des conditions écologiques de cette région. L'analyse des caractères de l'épi montre le regroupement des mils du Burkina Faso avec ceux du Mali et de Côte d'Ivoire et leur faible diversité par rapport aux mils nigériens (Bono 1973).

L'évaluation du polymorphisme enzymatique des cultivars burkinabés confirme en partie les résultats obtenus par Bono (1973) et Zongo *et al.* (1988). Malgré une grande diversité entre cultivars, comparable à celle d'autres plantes allogames cultivées ou non (Hamrick et Godt 1990), deux grands ensembles de cultivars coexistent au Burkina Faso. Un groupe est surtout composé de cultivars précoces originaires du nord et de l'est du pays dans les zones climatiques sahélienne et sub-sahélienne, cultivés par les ethnies Peul et Gourmantché. Dans ce groupe, les mils du Yatenga semblent se différencier des mils du Sahel. Les premiers seraient sensibles à la longueur du jour et les seconds insensibles (Serpantié, comm. pers.). La plus grande partie de la diversité enzymatique observée au Burkina Faso se trouve dans les cultivars de ce groupe.

Un autre groupe est composé de variétés surtout tardives, cultivées au centre et au sud du pays dans la zone soudanienne et soudano-guinéenne par les ethnies Mossi, Gourounsi, Sénoufo et Lobi. Les mils de ce deuxième groupe se rapprochent des mils tardifs des pays situés au sud du Burkina Faso et du Niger.

La divergence observée entre mils précoces et mils tardifs (Pilate-André *et al.* 1986, Tostain *et al.* 1987) est confirmée au Burkina Faso; elle est néanmoins plus faible que dans les pays limitrophes. Cultivés au nord et au sud comme vivre de soudure, les mils précoces sont moins productifs que les mils photopériodiques qui fleurissent à date fixe (Franquin 1984). Contrairement aux mils précoces du nord, les mils tardifs sont cultivés dans des zones de forte densité de population où la continuité des parcelles cultivées facilite les flux de gènes entre plantes. Ceci expliquerait le plus faible coefficient de différenciation des mils tardifs.

Deux autres groupes plus restreints se distinguent encore: l'un est constitué de six cultivars de mils tardifs dont le point commun pourrait être l'axe routier et ferroviaire Ouagadougou-Côte d'Ivoire. L'autre est constitué de deux cultivars de mils précoces à petites chandelles cultivés au sud-est du pays (variété Iniadi) proches enzymatiquement des mils précoces, cultivés au Ghana et au Togo.

La diversité des cultivars issus de multiplication en station est identique à la diversité des cultivars de la collecte 1975. Le mélange de graines issues d'autofécondations ne modifie pas de manière significative les proportions des allèles les plus fréquents de chaque cultivar.

La présente étude devrait être poursuivie sur le reste de la collection, afin de: (1) préciser les différences régionales, (2) identifier les échantillons de semences provenant d'un même cultivar, estimés à environ 13% dans la collection

1984-1987 (Wilson *et al.* 1990b), (3) effectuer des regroupements: cultivars du Yatenga et du Sahel, du Centre-ouest et du Bougouriba ou cultivars de mils tardifs du groupe III. Ceci permettrait la conservation d'une collection restreinte, structurée autour de noyaux de variétés locales bien définies (Brown 1989).

Le classement dans les groupes ou sous-groupes enzymatiques de nouveaux cultivars du Burkina Faso peut être réalisé avec seulement quatre systèmes enzymatiques:

- ADH et PGM pour identifier des cultivars des groupes I et II,
- ADH, CAT et PGI pour identifier, au sein des groupes I ou II, des échantillons du Yatenga, Sahel, Centre et Bougouriba.

L'enquête auprès des cultivateurs est importante; elle explique certains cas particuliers observés en électrophorèse d'isozymes. L'enquête permet d'estimer la vitesse et l'intensité des échanges de semences entre le nord, zone de sécheresse, et le sud mais également entre l'est et l'ouest par les grands axes de communication. Ces échanges aboutissent aujourd'hui à l'adoption par les agriculteurs burkinabés de cultivars plus précoces (Matlon 1987).

## Remerciements

Cette étude s'est déroulée au laboratoire de génétique de Niamey (Niger) de mars à mai 1991 dans le cadre d'une thèse de l'Université d'Abidjan préparée par Mme Sédogo Marie Cécile. Nous remercions le centre ORSTOM de Niamey et l'INERA pour l'organisation du stage ainsi que Mamoudou Issa pour son aide technique. Nous remercions également MM. Bezançon G., Marchais L. et Charrier A. pour la correction du manuscrit.

## Références

- Bilquez, A.F. et J. Clément. 1969. Etude du mode d'hérédité de la précocité chez le mil pénicillaire (*Pennisetum typhoides* Stapf et Hubb.). II. Déterminisme génétique des variations de précocité des mils du groupe soua. *Agron. Trop.* 24(3):258-262.
- Bono, M. 1973. Contribution à la morpho-systématique des *Pennisetum* annuels cultivés pour leur grain en Afrique occidentale francophone. *L'Agron. Trop.* 28(3):229-356.
- Brown, A.H.D. 1989. The case for core collections. Pp. 136-156 in *The Use of Plant Genetic Resources* (A.H.D. Brown, O.H. Frankel, D.R. Marshall and J.T. Williams, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, New York, Sidney, Melbourne.
- Clément, J.C. 1985. Les mils pénicillaires de l'Afrique de l'Ouest. Prospections et collectes IBPGR-ORSTOM. IBPGR, Rome 85/15-ORSTOM, 231 p.
- Franquin, P. 1984. Sorghum and millet adaptation to photoperiod, pest, incidence and soil moisture-retention capacity. Pp. 205-216 in *Agronomy of Sorghum and Millet in the Semi-Arid Tropics* (S.M. Virmani, M.V.K. Sivakumar and V. Kumble, eds.). Proceedings of the International Symposium, 15-20 Nov 1982, ICRISAT Center, India. ICRISAT, Patancheru, A.P. 502 324, India.
- Hamrick, J.L. et J.W. Godt. 1990. Allozyme diversity in plant species. Pp. 43-63 in *Plant Population Genetics, Breeding, and Genetic Resources* (A.H.D. Brown, M.T. Clegg, A.L. Kahler and B.S. Weir, eds.). Sinauer Associates Inc, Sunderland, Massachusetts.
- IBPGR-ICRISAT 1981. Pearl millet descriptors. IBPGR, Rome, Italy.
- ITCF 1987. Institut Technique des Céréales et des Fourrages. Boigneville, 91720, France.
- Lohani, S.N. 1989. Breeding of full season photoperiod sensitive pearl millet varieties. Pp. 113-118 in *Proceedings of Regional Pearl Millet Improvement Workshop* (L.K. Fussell and J. Werder,

- eds.), ICRISAT, Sahelian Center, Sadoré, Niger 4-7 September 1989. ICRISAT, Patancheru, A.P. 502 324, India.
- Matlon, P.J. 1987. Making millet improvement objectives fit client needs: improvement genotypes and traditional management systems in Burkina Faso. Pp. 233-245 in Proceedings of the International Pearl Millet Workshop (J.R. Witcombe and S.R. Beckerman, eds.), 7-11 April 1986, ICRISAT Center, India. ICRISAT, Patancheru, A.P. 502 324, India.
- Nei, M. 1975. Molecular Population Genetics and Evolution. Frontiers of Biology. Vol. 40 (A. Neuburger and E.L. Tatum, eds.). North Holland Publishing Company, Amsterdam-Oxford.
- Pilate-André, S., M. Sandmeier, A. Touré et J. Pernès. 1986. Evaluation du polymorphisme enzymatique des mils pénicillaires (*Pennisetum typhoides* Stapf et Hubbard) de l'Afrique de l'Ouest. Pp. 352-356. in Coll. Nat. CNRS 'Biologie des Populations', Lyon, 4-6 Sept. 1986. CNRS, Paris.
- Tostain, S. 1992. Enzyme diversity in pearl millet (*Pennisetum glaucum*). 3. wild. Theor. Appl. Genet. 83:733-742.
- Tostain, S. 1993. Evaluation de la diversité génétique des mils pénicillaires diploïdes *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) au moyen de marqueurs enzymatiques. Etude des relations entre formes sauvages et cultivées. Thèses. TDM 124. Editions de l'ORSTOM.
- Tostain, S. 1994. Isozymic classification of pearl millet (*Pennisetum glaucum*, Poaceae) landraces from Niger (West Africa). Plant Syst. Evol. 193:81-93.
- Tostain, S. et L. Marchais. 1989. Enzyme diversity in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) 2. Africa and India. Theor. Appl. Genet. 77:634-640.
- Tostain, S., M.F. Riandey et L. Marchais. 1987. Enzyme diversity in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) 1. West Africa. Theor. Appl. Genet. 74:188-193.
- Wilson, J.P., G.W. Burton et K. Bondari. 1990a. Inheritance of height and maturity in crosses between pearl millet landraces and inbred Tift 85DB. Theor. Appl. Genet. 80:712-718.
- Wilson, J.P., G.W. Burton, J.D. Zongo et I.O. Dicko. 1990b. Diversity among pearl millet landraces collected in central Burkina. Crop Sci. 30 (1):40-43.
- Wilson, J.P., G.W. Burton, J.D. Zongo et I.O. Dicko. 1991. Disease resistance and morphologic traits of pearl millet landraces from south Burkina Faso. Crop Sci. 31(3):641-645.
- Wilson, J.P., H.D. Wells et G.W. Burton. 1989. Inheritance of resistance to *Pyricularia grisea* in pearl millet accessions from Burkina Faso and inbred Tift 85DB. J. Hered. 80 (6):499-501.
- Zongo, J.D., M.C. Sédogo, P. Sérémé et G.R. Zangré. 1988. Synthèse des prospections du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) au Burkina Faso. Pp. 121-131 in Proceedings of the Regional Pearl Millet Improvement Workshop (L.K. Fussell and J. Werder, eds.), ICRISAT-Institute for Agricultural Research, Ahmadu Bello University (IAR), Zaria, Nigeria 15-19 August 1988. ICRISAT, Patancheru, A.P. 502 324, India.

### Summary

#### Enzyme diversity of cultivated millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) in Burkina Faso

The genetic diversity of 49 varieties of millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) in Burkina Faso was estimated on the basis of the diversity of 12 loci coding for eight enzyme systems. This was compared to the enzyme diversity of representative samples of millet cultivated in neighbouring countries (Niger, Mali, Ivory Coast, Ghana, Togo, Benin and Nigeria). An analysis of the main components reveals two types of diversities: group I, composed primarily of early millet from northern Burkina Faso; and group II, composed of late millet from the central and southern parts of the country. The total diversity of group I is greater than that of group II. The group I cultivars differ little from the early millet in eastern Mali; those of group II differ little from the late millet cultivated in southern Niger and in the countries south of Burkina Faso. Six varieties of late millet from central Burkina Faso (group III) constitute a special group in which the frequency of the Pgm-A1 allele is comparable to that of early millet.

### Resumen

#### Diversidad enzimática del mijo cultivado (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) de Burkina Faso

Se estimó la diversidad genética de 49 variedades de mijo (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) de Burkina Faso sobre la base de la diversidad de 12 loci de codificación para ocho sistemas enzimáticos. Esta se comparó con la diversidad enzimática de muestras representativas de mijo cultivado en los países limítrofes (Níger, Mali, Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Benin y Nigeria). El análisis de los componentes principales evidencia dos grupos de diversidad diferente: el grupo I, compuesto fundamentalmente de mijo temprano de Burkina Faso septentrional; y el grupo II, compuesto de mijo tardío del centro y sur del país. La diversidad total del grupo I es mayor que la del grupo II. Los cultivares del grupo I difieren poco del mijo temprano en el oriente de Mali; los del grupo II difieren poco del mijo tardío cultivado en el sur de Níger y en los países situados al sur de Burkina Faso. Seis variedades de mijo tardío de Burkina Faso central (grupo III) constituyen un grupo especial en el cual la frecuencia del alelo del Pgm-A1 se compara con la del mijo temprano.